

**SISTEM MONITORING PH TANAH PADA TANAMAN KELAPA SAWIT
BERBASIS IOT**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

WAHYU TITIS SATRIA UTAMA

D400160032

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**SISTEM MONITORING PH TANAH PADA TANAMAN KELAPA SAWIT
BERBASIS IOT**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:



WAHYU TITIS SATRIA UTAMA

D400160032

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Dr. Ratnasari Nur Rohmah, S.T., M.T

NIK. 780

HALAMAN PENGESAHAN

**SISTEM MONITORING PH TANAH PADA TANAMAN KELAPA SAWIT
BERBASIS IOT**

OLEH

WAHYU TITIS Satria Utama

D400160032

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jumat, 14 Agustus 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- | | |
|--|--|
| 1. Dr. Ratnasari Nur Rohmah, S.T., M.T | () |
| (Ketua Dewan Penguji) | |
| 2. Ir. Bambang Hari Purwoto, M.T | () |
| (Anggota I Dewan Penguji) | |
| 3. Fajar Suryawan, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D | () |
| (Anggota II Dewan Penguji) | |

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono M.T, Ph.D

NIK. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 10 Agustus 2020

Penulis



WAHYU TITIS SATRIA UTAMA

D400160032

SISTEM MONITORING PH TANAH PADA TANAMAN KELAPA SAWIT BERBASIS IOT

Abstrak

Kelapa sawit adalah salah satu penyumbang besar devisa negara. Dan Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai perkebunan kelapa sawit terbesar di dunia. Namun hasil panen yang dihasilkan masih belum maksimal dikarenakan salah satu faktor yaitu kurang memperhatikan kondisi pH tanah. Padahal pH tanah sangat berpengaruh pada hasil panen hingga gagal panen. Ph tanah menentukan unsur hara yang diserap oleh tanaman. Tanah mengandung unsur hara seperti Nitrogen (N), Potassium/kalium (K), dan Pospor (P) dimana tanaman membutuhkan dalam jumlah tertentu untuk tumbuh. Dalam mengetahui kualitas tanah ada beberapa metode salah satunya dengan mengambil sample tanah kemudian diteliti di Laboratorium, akan tetapi cara itu memerlukan waktu yang lama dan biaya laboratorium yang relatif mahal. Penelitian ini menghasilkan sistem pendeteksi ph tanah pada tanaman kelapa sawit berbasis IoT, dengan NodeMCU ESP32 sebagai controllernya. Alat ini menampilkan kadar pH tanah pada layar oled dan pada halaman website agar dapat diakses kapanpun dan dimanapun, hal itu akan mempermudah petani sawit untuk memperoleh informasi secara akurat guna tidak telat memberikan pupuk pada kelapa sawit bertujuan untuk meningkatkan hasil produksi. Pengiriman data ke website dilakukan dengan metode post agar data yang dikirim aman. Setelah dilakukan pengujian dan pengambilan data, sensor pH ini memiliki korelasi yang baik dengan tingkat error 2.14%. Sehingga sensor ini dapat diimplementasikan pada tanaman kelapa sawit.

Kata Kunci: Ph Tanah, IoT, ESP32, Whitestone Bridge, Kelapa Sawit

Abstract

Oil palm is a major contributor to the country's foreign exchange. And Indonesia is one of the countries that has the largest oil palm plantations in the world. However, the yield produced is still not optimal due to one factor, namely the lack of attention to soil pH conditions. Whereas soil pH greatly affects crop yields until crop failure. Soil pH determines the nutrients absorbed by plants. Soil contains nutrients such as nitrogen (N), potassium / potassium (K), and phosphorus (P) which plants need a certain amount to grow. In knowing the quality of the soil, there are several methods, one of which is to take a soil sample and then examine it in the laboratory, but this method requires a long time and relatively expensive laboratory costs. This research resulted in a soil ph detection system for oil palm plants based on IoT, with NodeMCU ESP32 as the controller. This tool displays soil pH levels on the Oled screen and on the website page so that it can be accessed anytime and anywhere, this will make it easier for oil palm farmers to obtain accurate information so as not to be late in applying fertilizer to oil palm, aiming to increase production yields. Data delivery to the website is carried out by the post method so that the data sent is safe. After testing and data collection, this pH sensor has a good correlation with an error rate of 2.14%. So that this sensor can be implemented in oil palm plants.

Keywords: Ph Soil, IoT, ESP32, Whitestone Bridge, Palm Oil

1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas penyumbang besar devisa negara. Industri minyak sawit pada periode Januari–Februari 2020 menyumbang devisa negara sebesar US\$3,5 miliar (GAPKI,2020). Kebutuhan minyak kelapa sawit yang terus meningkat setiap tahun, mendorong pertumbuhan luas areal tanam perkebunan. Hingga tahun 2019 luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 12.76 juta ha dan produksi Crude Palm Oil (CPO) 36.59 sebesar juta ton (BPS, 2019). Saat ini, Indonesia telah menerapkan program B20 yang merupakan campuran solar dengan kandungan 20 persen minyak kelapa sawit dan 80 persen minyak bumi pada Bahan Bakar Minyak (BBM). Sehingga hal ini mengurangi impor BBM dan mengurangi emisi karbon yang membuat lingkungan lebih hijau.

Namun, masih banyak hasil produksi kelapa sawit yang masih belum optimal. Salah satu faktornya adalah ketersediaan unsur hara tanah yang tidak sesuai. Tanah mengandung unsur hara yaitu nitrogen (N), kalium (K), dan pospor (P) dimana tanaman membutuhkan dalam jumlah tertentu untuk berkembang, tumbuh dan bertahan dari penyakit. Untuk mengatasi nya dapat dilakukan pengecekan kadar pH pada tanah.

Kadar pH tanah berhubungan atas ketersediaan hara dalam tanah. Apabila unsur hara pH tanah telah diketahui, maka pemilihan jenis dan dosis pemupukan dapat dilakukan. Hal ini meningkatkan efisiensi dan menekan kerugian akibat pemupukan yang tidak sesuai(Siswanto, 2018). Ph tanah menentukan unsur hara yang diserap oleh tanaman, Unsur hara mudah diserap akar tanaman pada pH tanah netral, karena pada pH tersebut unsur hara mudah larut dalam air. (Hardjowigeno, 2007).

Aktifitas mikroorganisme dipengaruhi oleh kondisi pH tanah. Pada pH tanah rendah maka aktifitas mikroorganismenya akan sangat rendah (Suwondo, 2002). Hubungan antara pH tanah dengan jumlah tandan per pokok tanaman kelapa sawit adalah linier positif, yaitu jika pH tanah meningkat maka produksi tandan per pokok akan semakin besar. Dengan meningkatnya pH tanah akan menyebabkan meningkatnya ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, yang pada akhirnya akan meningkatkan produksi tandan per pokok kelapa sawit (Tambunan, 2008). Nilai pH tanah optimum kelapa sawit adalah 5,0 – 5,5. (Pahan, 2015)

Dalam mengetahui pH tanah ada beberapa metode yaitu dengan mengambil sample tanah kemudian diteliti di Laboratorium, akan tetapi cara itu memerlukan waktu yang lama dan biaya laboratorium yang relatif mahal. Dan yang kedua dengan menggunakan ph meter tanah yang dijual dipasaran, akan tetapi ph meter yang ada dipasaran tidak dapat mengecek tanah yang lebih dalam. Hanya mampu hingga kedalaman 15-30cm. Dan data hasil pengecekan yang harus dicatat manual.

Nur'islamia, (2019) melakukan penelitian karakteristik sensor pH tanah dan sensor konduktivitas pada pengukuran kualitas tanah. Pembacaan sensor pH tanah menggunakan mikrokontroller Arduino,

yang bekerja dengan baik dengan rentang pengukuran pH 4 – 8. Dalam melakukan kalibrasi alat dengan cara membandingkan sensor pH tanah yang telah dirancang dengan menggunakan alat laboratorium yaitu pH meter tipe HI99163.

Putra (2017) pada penelitiannya menggabungkan dua alat ukur menjadi satu. Yaitu parameter pH tanah dan suhu tanah. Alat ini memberikan rekomendasi beberapa jenis tanaman sesuai dengan kondisi Ph dan suhu tanah yang ditampilkan pada lcd dengan menggunakan arduino untuk proses datanya.

Jupri (2017) melakukan pengukuran dengan membuat pengukuran kelembaban tanah menggunakan sensor soil moisture, pH tanah menggunakan elektroda dan suhu tanah menggunakan sensor DS18B20. Sistem penyimpanan data menggunakan SD Card, sehingga mudah untuk pengambilan data hasil pengukuran.

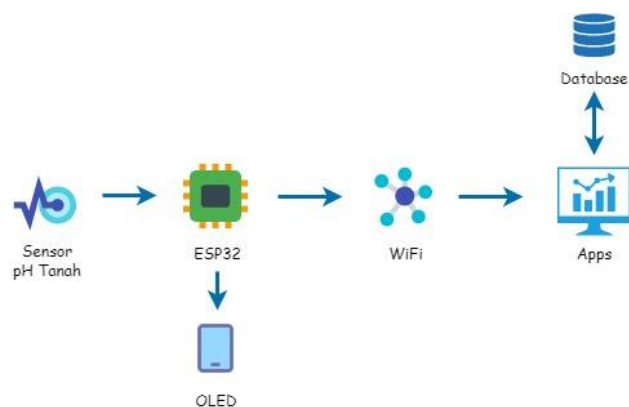
Wahyudianto (2012) melakukan penelitian dengan menampilkan nilai resistivitas tanah, pH tanah, jenis tanah, kualitas tanah dan rekomendasi tanah pada layar LCD 2x16 monokromik. Sensor yang digunakan adalah berbentuk probe yang ditancapkan kedalam tanah dengan kedalaman mencapai 15 cm.

Oleh Karena itu penulis membuat sistem pendeteksi ph tanah pada tanaman kelapa sawit berbasis IoT yang dapat diakses kapanpun dan dimanapun, hal itu akan mempermudah petani sawit untuk memperoleh informasi secara akurat guna tidak telat memberikan pupuk pada kelapa sawit bertujuan untuk meningkatkan hasil produksi.

2. METODE

2.1 Perancangan Alat

Perancangan alat ini mengarah pada block diagram yang dapat dilihat pada gambar 1. Dibawah ini.



Gambar 1. Block Diagram

Perancangan alat monitoring pH tanah ini menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai kontrol utama dan pengolahan data sensor. Terdapat OLED 0.96” untuk menampilkan hasil pembacaan sensor.

NodeMCU ESP32 terkoneksi dengan jaringan wifi untuk pengiriman data ke server. Data yang terkirim disimpan di dalam database menggunakan metode POST. Data yang telah tersimpan didatabase selanjutnya akan ditampilkan dihalaman web.

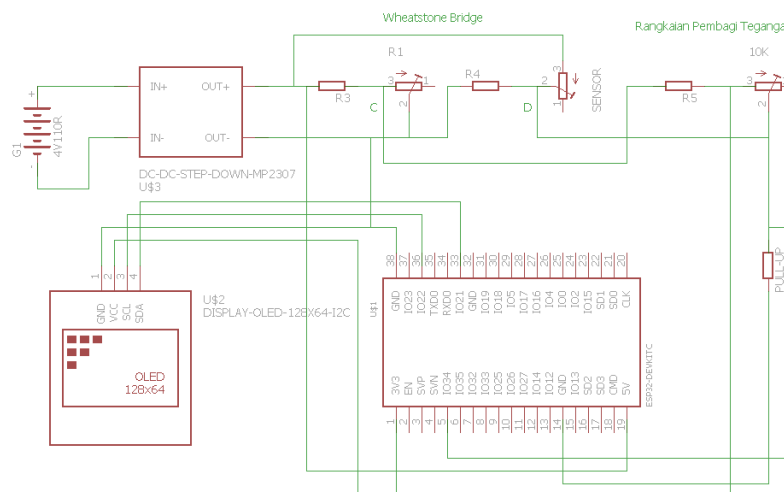
2.2 Perancangan Sensor pH tanah



Gambar 2. Desain Sensor pH Tanah

Perancangan sensor pH ini menggunakan 2 buah elektroda yaitu alumunium dan timbal yang dipisahkan oleh sebuah isolator. dengan sensor dibentuk seperti probe. Bentuk dari timbal seperti bentuk jamur. Panjang dari batang alumunium ini adalah 40cm, batang alumunium akan diampelas agar dapat menghantarkan listrik. Sensor pH ini akan dihubungkan dengan esp32 untuk membaca nilai resistansi dari sensor ini. Sensor ini menggunakan rangkaian wheatstone bridge agar pembacaan lebih sensitive terhadap perubahan resistansi yang kecil.

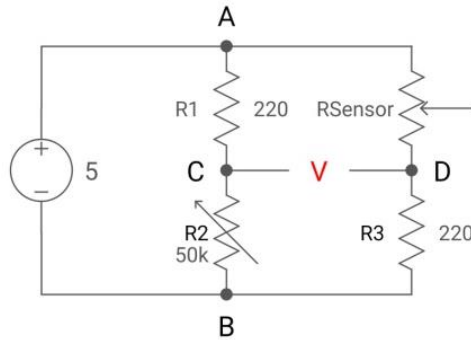
2.3 Perancangan Sistem Elektronika



Gambar 3. Rangkaian Skematik

Perancangan skematik rangkaian elektronika ini untuk menentukan tata letak alat dan merancang sistem elektronika. Tegangan sumber menggunakan baterai lithium ion 3S dengan tegangan 12V. Lalu tegangan input ini diturunkan oleh stepdown yang berfungsi untuk menurunkan tegangan 12 V menjadi 5V, yang digunakan untuk suplai pada ESP32 dan sensor pH tanah. ESP32 mempunyai tegangan output 3.3 V yang digunakan untuk suplai OLED 0.96 inch.

2.3.1 Rangkaian Wheatstone Bridge



Gambar 4 Rangkaian *Wheatstone Bridge*

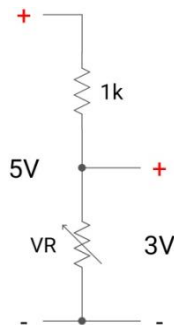
Dalam membaca nilai hambatan yang belum diketahui besarnya hambatan, maka pada rangkaian ini menggunakan rangkaian *Wheatstone Bridge*. Pada rangkaian ini terdapat potensiometer untuk mengatur supaya beda tegangan potensial antara titik C dan D sama dengan nol, sehingga menyeimbangkan jembatan wheatstone. Rangkaian ini juga sangat sensitif dan akurat terhadap perubahan nilai hambatan yang kecil.

$$V_{C-D} = 0$$

$$\frac{R_2}{R_2+R_1} V_{IN} = \frac{R_4}{R_4+R_3} V_{IN}$$

$$R_S R_2 = R_1 R_4$$

2.3.2 Rangkaian Pembagi Tegangan



Gambar 5. Rangkaian Pembagi Tegangan

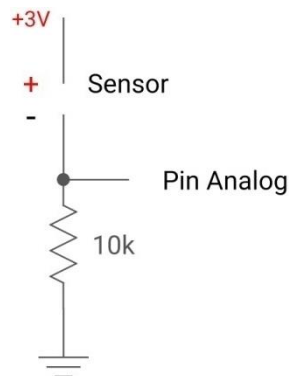
Pada rangkaian ini terdapat sebuah rangkaian pembagi tegangan yang berfungsi untuk menurunkan nilai tegangan output dari sensor, dikarenakan ESP32 hanya mampu membaca nilai *Analog to Digital Converter* (ADC) sebesar 3.3V.

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$3\text{ V} = \frac{5 \times 1.5}{1 + 1.5}$$

Dalam persamaan diatas menghasilkan nilai untuk mengubah nilai tegangan 5v menjadi 3V, dibutuhkan nilai R1 sebesar 1K ohm dan R2 = 1.5K ohm.

2.3.3 Rangkaian Pull-Up Resistor



Gambar 6. Rangkaian Pull-Up

Pada rangkaian ini terdapat sebuah rangkaian Pull-UP yang berfungsi untuk menstabilkan sinyal yang diterima oleh ESP32 lebih akurat. Dikarenakan jika tidak menggunakan rangkaian pull-up, signal yang terbaca akan berubah-ubah atau disebut floating. Dengan menggunakan resistor 1K ohm cukup untuk digunakan pada rangkaian pull-up ini.

2.4 Perancangan Sistem Perangkat Lunak

Perancangan sistem perangkat lunak terdapat 2 bagian. Yaitu bagian alat dan bagian website. Perancangan pada bagian alat menggunakan Arduino ide untuk memprogram NodeMCU ESP32. Pada bagian ini terdapat alur logaritma, yaitu pembacaan nilai analog terlebih dahulu. Selanjutnya mengkonversi nilai analog yang didapat menjadi nilai tegangan. Kemudian terdapat rumus regresi linier untuk mengkonversi nilai tegangan menjadi nilai kadar pH. Setelah nilai kadar pH tanah didapat, selanjutnya data ditampilkan di OLED dan dikirimkan ke server/website. Perancangan pada bagian website menggunakan sebuah website berbasis python, dengan menggunakan webserver DJANGO dan database MYSQL. Website ini akan menampilkan nilai pH tanah yang telah dibaca sebelumnya oleh ESP32. Data yang dikirimkan ke menggunakan protocol http post request. Lalu data disimpan di database selanjutnya ditampilkan ke halaman html.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Bentuk dan Desain Alat

Alat ini di desain dengan menggunakan ESP32 sebagai controller untuk membaca nilai ADC dari sensor pH tanah. Sumber tegangan rangkaian ini menggunakan baterai lippo 3s 12V. Terdapat switch dibelakang kotak untuk memutus dan menyambungkan sumber tegangan ke rangkaian. .OLED 0.96” digunakan untuk menampilkan nilai pH yang terbaca. Gambar hardware dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 7. Prototype alat

3.2 Pengujian dan Kalibrasi Sensor

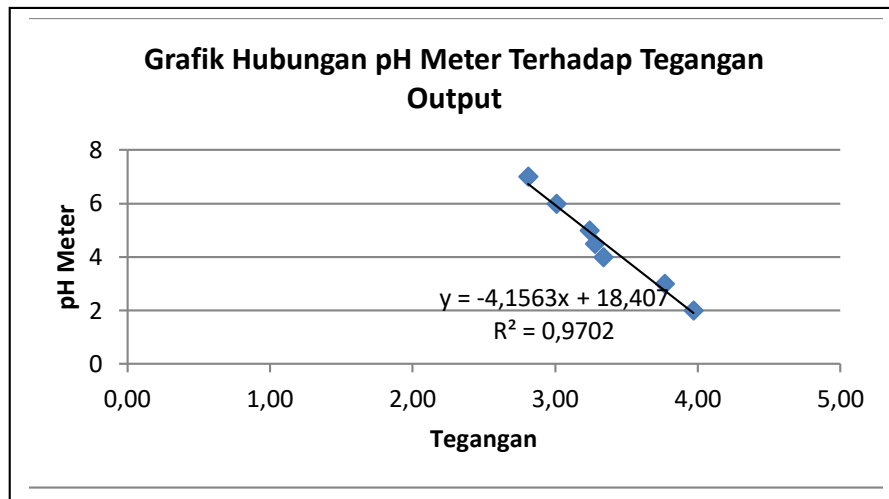


Gambar 8. Sample Tanah

Pengujian dan kalibrasi sensor pH bertujuan untuk mengkalibrasi sensor pH yang telah dibuat. Kalibrasi ini untuk menentukan konversi nilai ADC dari sensor ke dalam kadar pH. Kalibrasi ini membandingkan sensor yang dibuat dengan pH meter tanah standar. Kalibrasi dilakukan dengan cara memasukkan elektroda sensor pH ke dalam tanah kemudian sensor tersebut akan menampilkan sinyal nilai ADC yang sebelumnya sudah diproses oleh ESP32. Pengujian ini mengukur 7 pengondisian pengukuran sampel tanah, sehingga diperoleh hasil seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Kalibrasi Sensor

NO	pH Meter	Pengujian			Rata-Rata	V
		1	2	3		
1	2	3246	3270	3242	3252	3.97
2	3	3077	3088	3108	3091	3.77
3	4	2729	2742	2737	2736	3.34
4	4.5	2695	2693	2689	2692	3.28
5	5	2662	2653	2652	2655	3.24
6	6	2467	2472	2468	2469	3.01
7	7	2294	2311	2304	2303	2.81



Gambar 9. Grafik Hubungan pH Meter Terhadap Tegangan Output

Dari data tabel 1 diketahui sensor pH tanah ini memiliki karakteristik pembacaan tidak linier. Dari hasil kalibrasi, sensor pH ini tidak dapat membaca untuk pembacaan kadar pH diatas 8, sehingga kalibrasi hanya sampe kadar Ph 7. Berdasarkan grafik pada gambar 8 menunjukkan bahwa nilai tegangan output sensor berbanding terbalik dengan nilai pH, semakin tinggi nilai pH maka semakin kecil nilai tegangan output sensor. Dari pembacaan nilai ADC sensor pH yang disimpan dalam variabel pada program terdapat konversi nilai ADC ke dalam satuan tegangan:

$$\text{Volt} = \frac{\text{Nilai ADC} \times 5.0}{4095}$$

Keterangan:

Volt : Nilai Tegangan yang dihasilkan

Nilai ADC : Nilai keluaran sensor ADC 12 bit

5.0 : Tegangan Maksimal

4095 : Nilai ADC 12 bit

Konverensi nilai tegangan ke dalam satuan kadar pH:

$$pH \text{ Value} = (-4,1 \times \text{Volt}) + 18,4$$

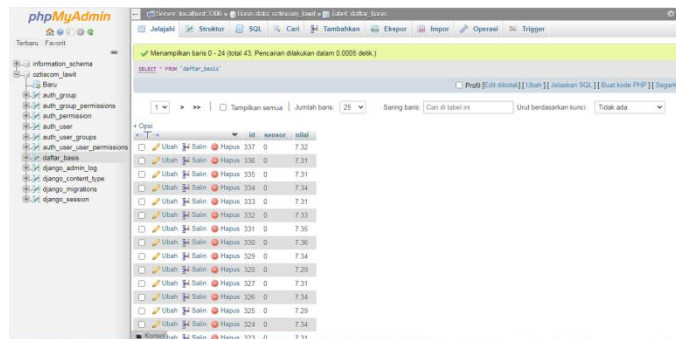
Keterangan:

Ph Value : Nilai pH yang dihasilkan

Volt : Nilai tegangan yang telah dihasilkan

Dari hasil konversi nilai tegangan ke dalam bentuk kadar pH. Selanjutnya rumus konversi tersebut dimasukkan ke dalam proram arduino.

3.3 Pengujian Mengirim Data ke Database

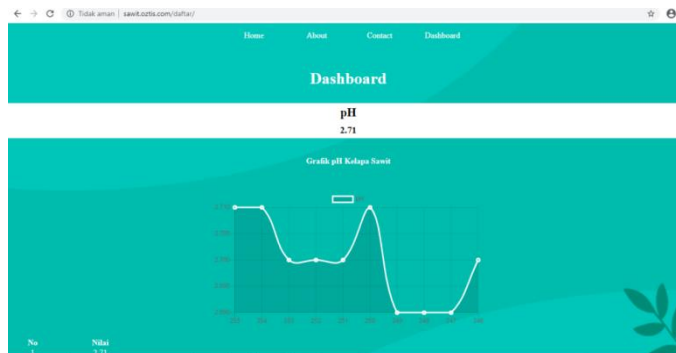


	id	sensor	pH
1	337	0	7.32
2	336	0	7.31
3	335	0	7.31
4	334	0	7.34
5	333	0	7.31
6	332	0	7.33
7	331	0	7.35
8	330	0	7.36
9	329	0	7.34
10	328	0	7.29
11	327	0	7.31
12	326	0	7.34
13	325	0	7.29
14	324	0	7.34
15	323	0	7.31

Gambar 10. Data yang telah disimpan ke database

Pengiriman data dari NodeMCU ke website dilakukan menggunakan metode POST, sehingga pengiriman data lebih aman. Data yang telah dikirimkan lalu disimpan di database MYSQL. Proses pengiriman data dilakukan setiap 1 menit sekali.

3.4 Pengujian Menampilkan Data pada Website



Gambar 11. Dashboard Halaman website

Pengambilan data dari database dilakukan menggunakan metode GET, data yang diambil dari database akan diolah dan ditampilkan pada halaman website beralamatkan sawit.oztis.com/daftar menggunakan html dan css dalam bentuk sebuah tabel dan grafik. Grafik yang ditampilkan merupakan 15 pembacaan terakhir dari sensor.

3.5 Hasil Pengujian Alat dan Sistem

Pengujian alat dan sistem monitoring pH tanah dilakukan di Jl. Baladika, Drangong, Kec. Taktakan, Kota Serang, Banten pada bulan Juli 2020. Hasil dari pengujian bisa dilihat pada gambar 7 dan tabel 2.



Gambar 12. Pengujian pada tanaman kelapa sawit

$$\text{Error} = \frac{\text{Nilai Asli} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Asli}} \times 100\%$$

Tabel 2. Pengujian Sensor

NO	pH Meter	Sensor Ph	Error (%)
1	7	7.1	1.42
2	7	7.15	2.14
3	7	7	0
4	7	6.9	1.42
5	7	7.01	0.14
6	7	7.02	0.28
7	7	7	0
8	7	7.01	0.14
9	7	7	0
10	7	7.02	0.28

Dari hasil pengujian di tanaman kelapa sawit, dapat dilihat di tabel 2. Diketahui hasil pengukuran 10 kali cukup stabil dan perbedaan selisih dengan pH meter cukup kecil berkisar antara 0% - 2.14% rata-rata error. Sehingga alat ini bisa diimplementasikan pada tanaman kelapa sawit.

4. PENUTUP

Setelah melakukan perancangan dan pengujian alat dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pembacaan sensor pH tanah pada alat ini sudah cukup baik dengan hasil pembacaan yang cukup stabil dengan menambahkan rangkaian resistor pull-up.
2. Berdasarkan Hasil pada pengujian di lapangan, alat ini sudah bisa diterapkan di tanaman kelapa sawit dengan menggunakan komponen dan algoritma yang sama.
3. Untuk implementasi di perkebunan kelapa sawit yang luas. Komunikasi yang digunakan bias menggunakan sinyal radio. Sehingga pembacaan dari alat-alat dikirim ke HUB melalui sinyal radio, lalu data dari HUB tadi dikirim ke server menggunakan jaringan wifi.

PERSANTUNAN

Penulis menyampaikan banyak terima kasih, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua yang telah mensupport dan mendoakan setiap saat.
2. Ibu Dr. Ratnasari Nur Rohmah, S.T., M.Tselaku pembimbing dalam mengerjakan tugas akhir.
3. Teman – teman Teknik Elektro, Asisten Lab, BEM FT 2019 yang memberikan motivasi dan semangat.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Jakarta Pusat , 2019. Statistik Indonesia Tahun 2019. Jakarta Pusat : Badan Pusat Statistik
- GAPKI. 2018. Indonesia dan Perkebunan Kelapa Sawit, Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI). Jakarta
- Hardjowigeno, S. 2007. Ilmu Tanah. Jakarta: Akademika Pressindo. 296 Halaman
- Jupri, Achmad, Abdul Muid, Muliadi. 2017. Rancang Bangun Alat Ukur Suhu, Kelembaban, dan pH pada Tanah Berbasis Mikrokontroler ATmega328P. Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN). 3(2): 76-81.
- Nur'islamia, Annis Shella, dkk. 2019. Karakteristik Sensor Ph Tanah Dan Sensor Konduktivitas Pada Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kualitas Tanah. Prosiding Seminar Fisika (E-Journal). Vol. 8. 2019.
- Pahan, I. 2015. Panduan Teknis Budidaya Kelapa Sawit untuk Praktisi Perkebunan. Penebar Swadaya. Jakarta. 116 hlm.
- Putra, Catur Atwinda. 2017. Rancang Bangun Alat Pengukur Ph Dan Suhu Tanah Berbasis Arduino. Other thesis, Universitas Negeri Semarang.
- Siswanto, B. (2019). Sebaran Unsur Hara N, P, K Dan Ph Dalam Tanah. Buana Sains, 18(2), 109-124.
- Suwondo, S. dkk. 2010. Analisis Lingkungan Biofisik Lahan Gambut Pada Perkebunan Kelapa Sawit. Jurnal Hidrolitan. 1(3): 20-28.

- Tambunan, Winston Andar. 2008. Kajian Sifat Fisik dan Kimia Tanah Hubungannya dengan Produksi Kelapa Sawit di Kebun Kwala Sawit PTPN II. Medan.
- Wahyudianto, Dariska Kukuh,. 2012. Perancangan Alat Bantu Indikator Kualitas Tanah Dengan Parameter Resistivitas Tanah Dan Ph Tanah Untuk Tanaman Padi. Program Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Kreativitas Mahasiswa Karsa Cipta 2013. Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Indonesia.